



ИЗУЧЕНИЕ НЕЙРОКОГНИТИВНЫХ ПРОЦЕССОВ В ПАРАДИГМЕ СОКРЫТИЯ ИНФОРМАЦИИ

ХОЛОДНЫЙ Ю.И.

*Национальный исследовательский центр «Курчатовский институт»
(ФГБУ НИЦ «Курчатовский институт»), г. Москва, Российская Федерация
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5201-519X>, e-mail: kholodny@yandex.ru*

МАЛАХОВ Д.Г.

*Национальный исследовательский центр «Курчатовский институт»
(ФГБУ НИЦ «Курчатовский институт»), г. Москва, Российская Федерация
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7073-374X>, e-mail: malakhov_dg@nrcki.ru*

ОРЛОВ В.А.

*Национальный исследовательский центр «Курчатовский институт»
(ФГБУ НИЦ «Курчатовский институт»), г. Москва, Российская Федерация
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4840-4499>, e-mail: ptica89@bk.ru*

КАРТАШОВ С.И.

*Национальный исследовательский центр «Курчатовский институт»
(ФГБУ НИЦ «Курчатовский институт»), г. Москва, Российская Федерация
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0181-3391>, e-mail: kartashov_si@nrcki.ru*

АЛЕКСАНДРОВ Ю.И.

*Институт психологии Российской академии наук (ФГБУН ИП РАН);
Московский государственный психолого-педагогический университет (ФГБОУ ВО МГППУ),
г. Москва, Российская Федерация
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2644-3016>, e-mail: yuraalexandrov@yandex.ru*

КОВАЛЬЧУК М.В.

*Национальный исследовательский центр «Курчатовский институт»
(ФГБУ НИЦ «Курчатовский институт») г. Москва, Российская Федерация
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8255-7993>, e-mail: koval@nrcki.ru*

Работа содержит краткий обзор результатов цикла экспериментов с применением методов функциональной магнитно-резонансной томографии (фМРТ) и совместной регистрации вегетативных реакций с помощью МРТ-совместимого полиграфа (МРТсП), отражает очередной этап развития отечественной прикладной, криминалистической, психофизиологии и констатирует становление нового, нейрокриминалистического, направления нейробиологических исследований. Работа анонсирует создание технологии комплексных фМРТ-МРТсП-исследований нейрокогнитивной направленности, перспективной к применению в интересах фундаментальной науки и для ряда отраслей практики. Представлены результаты проверки эффективности указанной технологии фМРТ-МРТсП-исследований, выполненной на студентах технического вуза (выборка — 23 участника мужского пола в возрасте 22—23 лет). В экспериментах были использованы заимствованные из криминалистической практики «тест со скрываемым именем» и «тест на знание виновного», моделировавшие сокрытие лично значимой информации (сохраняемой в памяти человека десятилетиями) и ситуационно значимой информации (внесенной в память человека за час до эксперимента). С помощью системы количественной оценки физиологических данных, регистрируемых МРТсП в ходе одновременной регистрации фМРТ, проведен анализ кожно-гальванических реакций и реакций в фотоплетизмограмме. Подтверждена высокая согласованность экспертной балльной оценки и автоматической



количественной оценки полиграмм, а также выявлены способы улучшения автоматической оценки данных. Показана полезность применения системы количественной оценки физиологических данных и приема «конкретизации выборки» (осуществляемых с помощью МРТсП) для изучения функциональной связности зон мозга при сокрытии личностно и ситуационно значимой информации в избранных криминалистических тестах.

Ключевые слова: фМРТ, полиграф, нейрокогнитивные процессы, сокрытие информации, криминалистическая психофизиология, нейрокриминалистика.

Финансирование. Исследование является инициативной внутренней НИР, проводимой НИЦ «Курчатовский институт» (приказ № 1059 от 2 июля 2020 г. «Биомедицинские технологии», пункт 4.14).

Для цитаты: Холодный Ю.И., Малахов Д.Г., Орлов В.А., Карташов С.И., Александров Ю.И., Ковальчук М.В. Изучение нейрокогнитивных процессов в парадигме сокрытия информации // Экспериментальная психология. 2021. Том 14. № 3. С. 17–39. DOI: <https://doi.org/10.17759/exppsy.2021140302>

STUDY OF NEUROCOGNITIVE PROCESSES IN A PARADIGM OF INFORMATION CONCEALMENT

YURI I. KHOLODNY

National Research Center “Kurchatov Institute”, Moscow, Russia
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5201-519X>, e-mail: kholodny@yandex.ru

DENIS G. MALAKHOV

National Research Center “Kurchatov Institute”, Moscow, Russia
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7073-374X>, e-mail: malakhov_dg@nrcki.ru

VYACHESLAVA A. ORLOV

National Research Center “Kurchatov Institute”, Moscow, Russia
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4840-4499>, e-mail: ptica89@bk.ru

SERGEY I. KARTASHOV

National Research Center “Kurchatov Institute”, Moscow, Russia
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0181-3391>, e-mail: kartashov_si@nrcki.ru

YURIY I. ALEXANDROV

Institute of Psychology, Russian Academy of Sciences;
Moscow State University of Psychology & Education, Moscow, Russia
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2644-3016>, e-mail: yuraalexandrov@yandex.ru

MIKHAIL V. KOVALCHUK

National Research Center “Kurchatov Institute”, Moscow, Russia
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8255-7993>, e-mail: koval@nrcki.ru

The work contains a brief overview of the results of a series of experiments using the methods of functional magnetic resonance imaging (fMRI) and simultaneous registration of vegetative reactions using MRI-compatible polygraph (MRICP), reflects the next stage in the development of domestic applied – forensic – psychophysiology and states the formation of a new – neuro-forensic – direction of neurobiological research. The work announces the creation of a technology for complex fMRI-MRICP neurocognitive



researches, promising for use in the interests of fundamental science and for a number of branches of practice. Here are the results of testing the effectiveness of this technology of fMRI-MRiCP research, performed on students of a technical university (23 male participants aged 22-23 years old). The experiments used, borrowed from forensic practice, “test with a hidden name” and “test for knowing the guilty”, simulating the concealment of personally significant information (stored in a person’s memory for decades) and situationally significant information (entered into a person’s memory an hour before experiment). An analysis of galvanic skin reactions and reactions in photoplethysmogram was carried out using a system for quantitative assessment of physiological data recorded using MRiCP during the simultaneous registration of fMRI. The high consistency of expert scoring and automatic quantitative assessment of polygrams has been confirmed, and ways to improve the automatic evaluation of data have been identified. The usefulness of the application of the system for quantitative assessment of physiological data and the method of “specifying the sample” (carried out with the help of MRiCP) for studying the functional connectivity of the brain areas when hiding personally and situationally significant information in selected forensic tests is shown.

Keywords: fMRI, polygraph, neurocognitive processes, information concealment, forensic psychophysiology, neuro-forensics.

Funding. The research is an initiative internal research conducted by the NRC “Kurchatov Institute” (order No. 1059 of July 2, 2020 “Biomedical technologies”, 4.14).

For citation: Kholodny Y.I., Malakhov D.G., Orlov V.A., Kartashov S.I., Alexandrov Yu.I., Kovalchuk M.V. Study of Neurocognitive Processes in a Paradigm of Information Concealment. *Экспериментальная психология = Experimental Psychology (Russia)*, 2021. Vol. 14, no. 3, pp. 17–39. DOI: <https://doi.org/10.17759/exppsy.2021140302> (In Russ.).

Введение

Психофизиологический метод выявления у человека скрываемой им информации впервые был реализован с помощью простейших подручных средств более двух тысяч лет назад. Большой вклад в научное обоснование этого метода внес выдающийся отечественный психолог А.Р. Лурия, который в 1920-е годы сформулировал генеральный принцип всех психофизиологических методов выявления у человека скрываемой им информации. Согласно этому принципу, «... единственная возможность изучить механику внутренних “скрытых” процессов сводится к тому, чтобы соединить эти скрытые процессы с каким-нибудь одновременно протекающим рядом доступных для непосредственного наблюдения процессов... в которых внутренние закономерности и соотношения находили бы свое отражение» [10, с. 52].

В 1930-е годы метод был дополнен созданным в США специальным прибором — полиграфом [13]. Позволив одновременно контролировать динамику артериального давления и частоты сердечных сокращений, кожно-гальванических реакций (КГР) и дыхания, полиграф доказал перспективность применения совместной регистрации вегетативных реакций перечисленных физиологических функций в целях выявления утаиваемой человеком информации.

Применение метода совместной регистрации вегетативных реакций оказалось весьма успешным и полезным в деятельности полиции и спецслужб США, и вскоре за полиграфом навсегда закрепилось неверное, но ставшее популярным название — «детектор лжи». Созданная к концу 1940-х годов технология проведения исследования с применением полиграфа (ИПП) для обнаружения у человека скрываемой информации вышла за пределы США, и в 1970-е годы уже десятки стран использовали полиграф в указанных целях.



Отмечая в 1980-е годы признанную полезность использования ИПП в практике, эксперты Конгресса США, тем не менее, констатировали, что «базовая теория проверки на полиграфе разработана лишь частично» [38, с. 305].

Отвергая зарубежный опыт, в СССР в 1930—1980 гг. существовало надуманное обвинение ИПП в лженаучности, которое надолго задержало внедрение таких исследований в отечественную практику. Ограниченное (исключительно в интересах спецслужб) использование полиграфа было начато только в 1970-е годы, и большой вклад в становление ИПП в СССР внес академик П.В. Симонов [11]. Наконец, в 1993 г. ИПП были легализованы в России, а годом позднее признаны криминалистическим методом и стали активно использоваться в работе федеральных ведомств и негосударственных организаций. В советские годы небольшой группе ученых и специалистов удалось наверстать упущенные десятилетия и вывести отечественную технологию ИПП на мировой уровень, однако создать для этой технологии «прочную теоретическую базу» (о чем говорили американские эксперты) в тех условиях не представлялось возможным.

Стремясь привлечь внимание отечественной науки к проблематике ИПП, специалисты Института криминалистики ФСБ России в 1996 г. опубликовали в «Психологическом журнале» статью [12], в которой дали краткий анализ некоторых аспектов «испытаний на полиграфе» в США. После публикации в «Психологическом журнале» прошла четверть века, и за эти годы ситуация в психофизиологии существенно изменилась. К 1990 г. появился и стал активно внедряться в научные исследования и практическую медицину метод функционально-картирования мозга [8] — функциональная магнитно-резонансная томография (фМРТ).

Расширение применения фМРТ привело к созданию новых технологий проведения экспериментов и росту (в том числе и в России [5]) фундаментальных исследований, направленных на более глубокое изучение мозговой динамики. Это способствовало формированию новых отраслей исследований в области нейробиологии или нейронаук (neurosciences), основой которым, в той или иной мере, служили «биология, медицина, химия, физика, психология, математика, информатика, инженерия, а также философия и — последнее, но не менее важное — юриспруденция» [42, с. 1].

Так, в начале XXI века в зарубежной психофизиологии определилась обширная, связанная с юриспруденцией отрасль исследований — «нейроправо» (neurolaw), объединившая ряд частных разделов, связанных с криминологией, уголовным правом, криминалистикой и проч.

Выделение нейроправа в качестве самостоятельной отрасли явилось ярким примером конвергенции естественнонаучного и гуманитарного знания и свидетельством того, как «... образование новых научных направлений, отдельных наук сочетается со стиранием резких граней, разделяющих различные отрасли науки, с образованием интегрирующих отраслей науки, взаимным обменом методами, принципами, понятиями и т. д.» [6, с. 15].

До конца XX века в прикладной психофизиологии основным — из разряда юридических — направлением, получившим широкое распространение, являлось криминалистическое. Это направление было ориентировано на раскрытие, расследование и профилактику правонарушений и базировалось на методе совместной регистрации вегетативных реакций с применением полиграфа. Но в 2001—2002 гг. в рамках нейроправа были проведены первые эксперименты по изучению возможности применения фМРТ в целях диагностики у человека наличия информации о скрываемых им событиях прошлого [31, 33, 41 и др.], и эти эксперименты положили начало еще одному частному направлению прикладной психофизи-



зиологии, позднее названному «forensic neurosciences» [47]. С учетом традиций отечественной юридической терминологии, данное направление, видимо, можно именовать термином «нейрокриминалистика».

Работы зарубежных исследователей в области нейроправа пока не получили должного освещения в российской научной периодике. Данная публикация, открывая цикл статей по естественнонаучным аспектам нейроправа, представляет первые результаты отечественных нейрокриминалистических фМРТ-исследований, которые логически связаны с технологией ИПП.

Напомним, что, стремясь объяснить естественнонаучные механизмы ИПП, зарубежные исследователи к концу XX века предложили около десятка теоретических концепций или так называемых «теорий полиграфа» (polygraph theory) [14], но ни одна из них так и не стала «базовой теорией проверки на полиграфе». Поэтому первые эксперименты по применению фМРТ для диагностики у человека скрываемой им информации вызвали большой интерес у исследователей: они полагали, что нашли путь создания «базовой теории», поскольку открылась возможность изучать «... орган, который производит ложь, — мозг... Эта нейробиологически обоснованная стратегия основывается на выявлении специфических паттернов нейронной активации, лежащих в основе лжи» [23, с. 830].

Указанные эксперименты казались удачными, и уже в 2006 г. в США две фирмы на коммерческой основе стали оказывать услуги по «детекции лжи с помощью фМРТ» (fMRI-based lie detection) [20]. Однако надежды на быстрый успех фМРТ-диагностики в криминалистике — как в широком внедрении практику, так и в создании «базовой теории» ИПП — не оправдались. Теоретические разработки пока далеки от желаемого [18], а специалисты в области ИПП подвергли работы упомянутых фирм аргументированной критике [45; 46], хотя метод «детекции лжи с помощью фМРТ» продолжает существовать в США [20].

Анализ показал, что сложившаяся за рубежом технология научных исследований в интересах «детекции лжи с помощью фМРТ» приобрела несколько устойчивых характеристик, которые требуют особого обсуждения, но в данной статье, из-за жестких ее рамок, коротко укажем лишь на четыре из них.

Одной из важнейших методических особенностей исследований по тематике «детекции лжи с помощью фМРТ» является то, что они осуществляются преимущественно в парадигме дифференциации лжи, в то время как криминалистика работает со следами преступлений (в частности — следами событий прошлого, хранящимися в памяти человека) и требует обращения к парадигме скрываемой информации [37].

Следующей особенностью исследований в парадигме «детекции лжи с помощью фМРТ» является использование в дизайнах экспериментов лишь отдельных элементов технологии ИПП (формат теста, формулирование вопросов и проч.), но без учета жестких методических требований, выдвигаемых криминалистической психофизиологией. Например, в таких дизайнах стимулы предъявляли с периодичностью менее 10 сек. [35], хотя технология ИПП не работает с такими межстимульными интервалами. Либо участников экспериментов просили давать в ходе исследования ответы, нажимая на кнопки (в технологии ИПП такое исключено), или воспринимать визуальную стимуляцию (в практике ИПП такие случаи составляют ничтожные доли процента) [36]. Очевидно, что полученные в таких условиях результаты дают искаженное представление о происходящем в ходе ИПП.

Третья особенность исследований «детекции лжи с помощью фМРТ» заключается в том, что они, в подавляющем большинстве, осуществлялись как фундаментальные, и «большинство публикаций сообщают только о групповом анализе» [20] результатов прово-



димых экспериментов. При бесспорной важности группового анализа экспериментальных данных, в случае нейрокриминалистических исследований принципиальную значимость приобретает анализ таких данных на индивидуальном уровне. Впервые попытки оценить фМРТ-данные на индивидуальном уровне в интересах исследований «детекции лжи с помощью фМРТ» были предприняты в 2005 г. [19; 32]. Позднее, судя по данным литературы, в этом направлении было сделано весьма немного [21], хотя именно оценка фМРТ-данных на индивидуальном уровне единственно применима в криминалистической практике.

Наконец, четвертая особенность исследований по тематике «детекции лжи с помощью фМРТ» состоит в том, что, стремясь изучить совокупность нейрокогнитивных механизмов, участвующих в ИПП, исследователи лишь в редких работах сообщают о контроле динамики физиологической активности в процессе фМРТ [36], либо проводят контрольные ИПП до или после фМРТ-сканирования [24].

Перечисленные выше особенности дизайна экспериментов, затрудняющие создание пригодной в криминалистической практике технологии фМРТ-диагностики скрываемой человеком информации, были учтены в ходе нейрокриминалистических исследований, которые проводятся в НИЦ «Курчатовский институт» с 2019 г.

На основании изложенного представляется актуальным создать технологию фМРТ-исследования, которая бы удовлетворяла требованиям проведения криминалистических ИПП, а именно — обеспечивала методически корректный контроль динамики текущего состояния человека в условиях фМРТ. Предполагается, что такая технология окажется полезной, как для целей нейрокриминалистики, так и в интересах фундаментальной науки.

Для этой цели ранее в НИЦ «Курчатовский институт» был создан МРТ-совместимый компьютерный полиграф (МРТсП) [29], обеспечивающий совместную регистрацию вегетативных показателей — дыхания, частоты сердечных сокращений, сужения сосудов пальцев руки и кожно-гальванической реакции (рис. 1) в условиях фМРТ-исследования.

В данной работе стоит задача сопоставить прикладные возможности экспертной балльной оценки (широко используемой в практике ИПП) сигналов МРТсП и созданной системы автоматической количественной оценки реакций, наблюдаемых у участников экспериментов. Также стоит задача продемонстрировать исследовательские возможности МРТсП при анализе фМРТ-данных в экспериментах с личностно и ситуационно значимой информацией на примере так называемого приема «конкретизации выборки». Данный цикл экспериментов отражает завершающий этап создания методически корректной технологии проведения фМРТ нейрокогнитивной направленности.

Методика

Процедура эксперимента

Для проведения экспериментов с применением фМРТ и МРТсП были выбраны парадигма выявления скрываемой информации и соответствующие ей методические средства криминалистических ИПП — «Тест со скрываемым именем» (ТСИ) и «Тест на знание виновного» (ТЗВ).

Первый тест моделировал сокрытие личностно значимой информации, сохраняемой в памяти человека на протяжении десятилетий. Второй — сокрытие ситуационно значимой информации, сформированной в памяти человека менее чем за час до эксперимента.

Следует заметить, что термины «личностно значимый» и «ситуационно значимый», принятые в криминалистической психологии, созвучны термину «статистически значимый», при-



нятому в математической статистике и экспериментальной психологии. В данной работе первые два термина используются в их психологическом значении, а третий — в математическом.

При проведении ТСИ участник эксперимента скрывал от экспериментатора свое собственное имя, предъявляемое в ряду с пятью другими именами: шесть имен предъявлялись в ходе теста пять раз. Ряд имен начинался одним и тем же именем: оно имело номер «0». Все остальные имена (включая имя участника эксперимента) задавали в случайном порядке, который был участнику эксперимента неизвестен. Имена задавали в вопросе: «Вас по паспорту зовут ...?». Скрывая свое имя в ряду других имен, испытуемые на все вопросы отвечали: «Нет». Экспериментатор задавал вопросы с интервалом 15–20 сек. с обязательным учетом текущей динамики физиологических показателей участника эксперимента, регистрируемых с помощью МРТсП. С целью повышения вовлеченности и внимательности при выполнении теста, участник эксперимента после его завершения должен был сказать, сколько раз в ходе ТСИ прозвучало его имя.

При проведении ТЗВ участник эксперимента выбирал в случайном порядке одну из пяти визитных карточек неизвестных ему людей, записывал на бумажку и запоминал фамилию и место работы человека, указанного на этой визитке. Участнику эксперимента давалась установка скрыть от экспериментатора, регистрировавшего фМРТ- и МРТсП-данные, признаки выбранной визитки (фамилию и место работы). Фамилия человека (Ф) предъявлялась участнику эксперимента в ходе теста четыре раза, а место работы (Р) — два. Признаки визитки предъявлялись в следующем порядке: Ф — Р — Ф — Ф — Р — Ф. За исключением одной фамилии и места работы с визитки, отсутствовавшей среди пяти предлагаемых на выбор и стоявших под номером «0» в каждом из шести предъявлений ТЗВ; все остальные задавались в случайном, неизвестном участнику эксперимента порядке в вопросе — «У Вас на визитной карточке была фамилия ...?» или «Человек с визитной карточки работает в ...?».

Скрывая признаки выбранной визитки в ряду других фамилий и мест работы, участники эксперимента на все вопросы отвечали: «Нет». Экспериментатор задавал вопросы с интервалом 15–20 сек. с обязательным учетом текущей динамики физиологических показателей участника эксперимента, регистрируемых с помощью МРТсП. С целью повышения сосредоточенности в ходе теста, участник эксперимента после его завершения должен был сказать, сколько раз в ТЗВ прозвучали фамилия и место работы человека с визитки. ТСИ и ТЗВ длились, соответственно, 6–7 и 8–9 мин. и содержали 25 и 30 стимулов, в ответ на которые регистрировались фМРТ- и МРТсП-данные, подлежащие последующей обработке.

Особенности сбора данных МРТсП

Как было сказано во введении, основной целью настоящего исследования является создание технологии фМРТ-исследования, которая бы удовлетворяла требованиям проведения криминалистических ИПП — обеспечивала методически корректный контроль динамики текущего состояния человека в условиях фМРТ.

Исходя из этого, во время сбора фМРТ-данных осуществлялись регистрация и отображение в реальном времени (рис. 1) комплекса физиологических параметров — дыхания, частоты сердечных сокращений, сужения сосудов пальцев руки при помощи фотоплетизмограммы (ФПГ) и кожно-гальванической реакции (КГР) — с помощью созданного в НИЦ «Курчатовский институт» МРТ-совместимого компьютерный полиграфа (МРТсП) [29].

В ходе эксперимента экспериментатор должен был контролировать текущую динамику физиологических показателей с помощью МРТсП и переходить к предъявлению следу-



ющего стимула только при отсутствии фоновых спонтанных реакций (рис. 1, канал 6 КГР). В противном случае подаваемый стимул налагался бы на спонтанную реакцию, вызванную неизвестными причинами, и это, естественно, вносило бы помехи в методическую корректность последующей оценки фМРТ-данных [9].

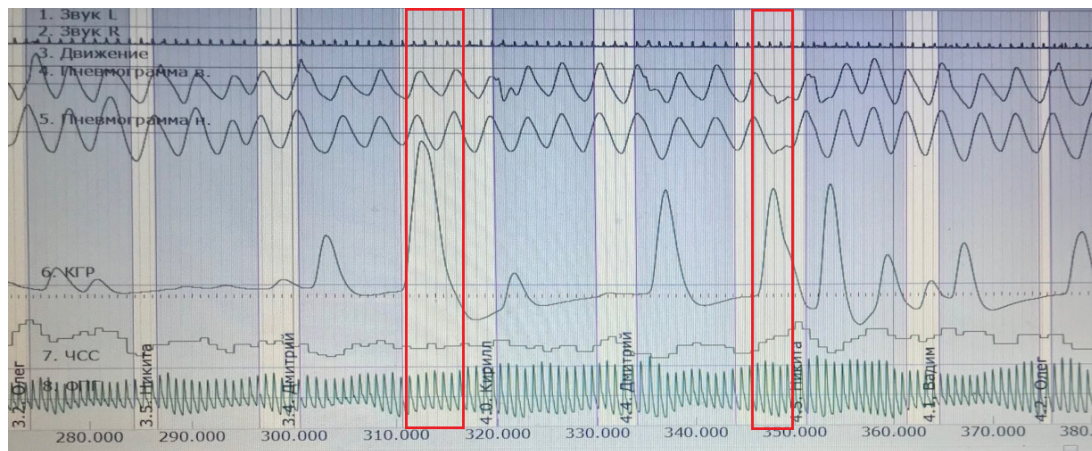


Рис. 1. Полиграмма «теста со скрываемым именем» (ТСИ): эпохи анализа отображены темной вертикальной заливкой; спонтанные (артефактные) реакции, возникшие между эпохами анализа, выделены красным

Установочные эксперименты, проведенные в НИЦ «Курчатовский институт» [7], подтвердили возможность сочетанного, методически корректного применения технологии ИПП в условиях фМРТ и создали условия для проведения систематических нейрокриминалистических исследований, в ходе которых предстояло ответить на ряд актуальных вопросов теории и технологии ИПП.

Обработка данных МРТсП

Обзор принятых в современной практике методов автоматического количественного анализа физиологических процессов, традиционно контролируемых в ходе ИПП, дал основание выбрать единую для них характеристику — длину линии на эпохе анализа [9], дающую обобщенный показатель величины изменения сигнала регистрируемых физиологических процессов. На основании этого подхода была разработана программа для *автоматической количественной оценки* физиологических данных, регистрируемых МРТсП. Ведется также работа по дальнейшему совершенствованию методов автоматического расчета величины реакций.

В данной статье представлены результаты количественной и экспертной балльной оценок только КГР и ФПГ, которые регистрировались с помощью МРТсП с аппаратной частотой квантования 1000 Гц и сохранением постоянной составляющей сигнала. Полученные сигналы подвергались понижению частоты дискретизации до 100 Гц и цифровой полосовой фильтрации при помощи фильтров Баттерворта 1-го порядка в диапазонах: КГР — 0,1–1 Гц; ФПГ — 1–20 Гц. Указанные диапазоны фильтрации были выбраны как оптимальные одновременно для автоматической и экспертной оценок; в дальнейшем предполагается уточнение параметров фильтрации для повышения качества автоматических оценок.



Для автоматической количественной оценки реакций в сигналах КГР и ФПГ выделялись интервалы длительностью 10 с, начиная с момента предъявления стимула экспериментатором. Реагирование участников эксперимента на «нулевые» стимулы, начинающие каждый блок псевдорандомизированных тестовых стимулов, при выполнении количественной и экспертной оценки не учитывалось в целях исключения ориентировочных реакций (см. выше описание ТСИ и ТЗВ). Полученные при количественной оценке значения КГР и реакций ФПГ нормировались отдельно для приведения их к единой системе измерения. Нормированные оценки умножались на весовые коэффициенты (в данной работе применялись фиксированные весовые коэффициенты «+1» для КГР и «-1» [44] для ФПГ, одинаковые для всех испытуемых) и объединялись вместе для получения обобщенного показателя (КГР-ФПГ) для каждого стимула.

Экспертные оценки были получены согласно разработанным более полувека назад и принятым в мировой практике ИПП правилам: реакция на «первый стимул во время теста не оценивается, чтобы уменьшить эффект ориентировочной реакции. Стимул, вызывающий самую сильную реакцию, получает два балла, а стимул, вызвавший следующую, менее выраженную реакцию, получает один балл. Все другие стимулы получают ноль баллов» [43, с. 54]. Такая оценка повторяется для каждого блока стимулов. Далее баллы суммируются между блоками для получения обобщенной оценки для выбранного типа стимулов.

Таким образом, определялись типы стимулов, которые получили наибольшие значения отдельно автоматическим и экспертным методом. Номера выделившихся таким образом стимулов сравнивались с фактическим номером лично или ситуационно значимого в тесте стимула и далее подсчитывалось соотношение совпавших и не совпавших ответов (столбцы 4 и 6 табл. 2). Для автоматических оценок определялось отличие оценок реакций на выделенные стимулы от всех остальных реакций по U-критерию Манна—Уитни (столбец 3 табл. 2). Важно, что брались именно выделенные на предыдущем шаге стимулы, а не стимулы, заданные априорно. Полагалось, что указанный подход позволит определить эффективность автоматической обработки данных МРТсП.

Сбор и анализ данных фМРТ

В ходе экспериментов МРТ-данные регистрировались томографом 3 Tesla SIEMENS Magnetom Verio MR. Для получения структурного T1-взвешенного сагиттального трехмерного изображения использовалась последовательность быстрого градиентного-эха со следующими параметрами: 176 срезов; TR = 1900 мс; TE = 2,19 мс; толщина среза = 1 мм; угол поворота = 90; время инверсии = 900 мс; FOV = 250 мм x 218 мм². Данные фМРТ были получены со следующими параметрами: 51 срез; TR = 1110 мс; TE = 24 мс; толщина среза = 2 мм; угол поворота = 90°; FOV = 192 × 192 мм².

При проведении фМРТ-МРТсП-экспериментов — для увеличения объема регистрируемых фМРТ-данных и повышения, тем самым, чувствительности методики исследования — было признано правильным [28] перейти от использования стандартных последовательностей сканирования (TR = 2000 мс) к сверхбыстрым (TR = 1110 мс). Данные параметры позволяют обеспечить приемлемый компромисс между качеством фМРТ-данных и размером области сканирования.

Данные функциональной и структурной МРТ были обработаны с использованием программного пакета SPM12 [49]. После конвертирования DICOM-файлов в NIFTI-формат все изображения были вручную центрированы в передней комиссуре. Изображения EPI были скорректированы на неоднородность магнитного поля с помощью FieldMap-



тулбокса для SPM12. Затем была выполнена временная коррекция сигналов фМРТ-данных. Необходимость применения такой поправки объясняется выбором событийно связанной схемы эксперимента.

Анатомические и функциональные данные были нормированы в ICBM-стереотаксическую систему отсчета. Изображения T1 были разделены на 3 карты тканей (серое, белое вещество и спинномозговая жидкость). Функциональные данные были сглажены с использованием гауссова фильтра с ядром $6 \times 6 \times 6$ мм³ FWHM.

Участники исследования

Участниками фМРТ-МРТсП-экспериментов являлись 23 мужчины (студенты технического вуза, возраст 21–23 года), которые сообщили об отсутствии у них каких-либо заболеваний на момент участия в исследовании. Разрешение на проведение фМРТ-МРТсП-экспериментов было предоставлено этическим комитетом НИЦ «Курчатовский институт».

Упомянутые в начале статьи установочные эксперименты дали основание полагать, что определенную роль в ходе фМРТ-МРТсП-экспериментов нейрокогнитивной направленности играет гендерный фактор. В частности, фМРТ-данные, зарегистрированные при выполнении ТСИ и ТЗВ, указали на существование некоторых отличий в активации зон мозга у мужчин и женщин (эти данные будут представлены в одной из последующих статей данного цикла): именно этим фактором, а также тем, что нас в первую очередь интересовало описание и сравнение ситуаций ТСИ и ТЗВ, объясняется гомогенный (мужской) состав выборки участников эксперимента.

Результаты

Предложенный алгоритм обработки полиграмм был применен в отношении КГР и ФПГ. Детальный разбор возможностей этого алгоритма обработки требует отдельной статьи; ниже представлены лишь некоторые результаты обработки полиграмм с его (алгоритма) помощью.

Таблица 1

Корреляция автоматических и экспертных оценок по отдельным физиологическим параметрам и по объединенным данным в тестах ТСИ и ТЗВ

Коэффициент корреляции и р-значение	ТСИ			ТЗВ		
	КГР	ФПГ	КГР-ФПГ	КГР	ФПГ	КГР-ФПГ
ρ-Спирмена	0,636	0,566	0,586	0,751	0,73	0,787
р-значение	0,001	0,005	0,003	< 0,001	< 0,001	< 0,001

Вначале проведен корреляционный анализ экспертных и автоматических оценок в двух тестах ТСИ и ТЗВ отдельно по каналам КГР и ФПГ, а затем объединенных данных. В табл. 1 приведены коэффициенты корреляции Спирмена с уровнями значимости, а на рис. 2 показано взаимное распределение оценок реакций, определенных экспертно и автоматически (для примера взята только оценка КГР-ФПГ в тесте ТЗВ, остальные параметры также показывают высокую взаимную корреляцию).

Далее были определены совпадения максимума реакций с априорно заданным личностно- и ситуационно-значимым стимулом для автоматической и экспертной оценки.

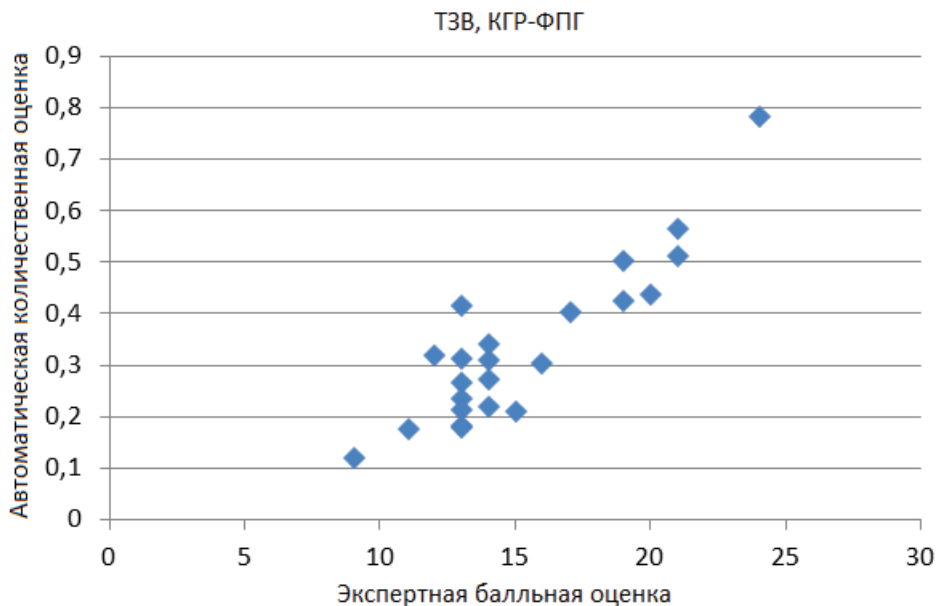


Рис. 2. Иллюстрация взаимного распределения реакций, определенных при помощи автоматической количественной оценки и экспертной балльной оценки в тесте ТЗВ с объединением каналов КГР-ФПГ

В таблице 2, столбец 4 и 6 соответственно, приводится пример анализа данных по каналу КГР для ТСИ. А в таблице 3 приводится обобщение процента совпадений по всем каналам и тестам.

Также было проведено сравнение величины выделенных на предыдущем шаге реакций (вне зависимости от их совпадения с априорно заданными личностно и ситуационно значимыми стимулами) с остальными реакциями в тесте по критерию Манна–Уитни (столбец 3 табл. 2). Статистический критерий дает возможность оценивать стимулы не только по амплитуде реакции (нормированной относительно всех реакций), но и по уровню статистической значимости отличий реакций на выбранный тип стимула от всех остальных. Также это позволяет ввести некоторый численный критерий оценки качества данных и формализовать процедуру исключения сомнительных записей (либо выделения их в отдельную группу – данный вопрос требует более подробной проработки). Это особенно актуально в прикладных задачах, когда помехи в сигнале невозможно компенсировать увеличением размера выборки, как это принято в фундаментальных исследованиях.

Процент совпадений после исключения статистически незначимых данных обобщен в табл. 3. Из нее следует, что простое суммирование автоматических оценок по каналам КГР и ФПГ не приводит к улучшению результата (83% совпадений для ТЗВ), однако учет статистической значимости выделенных реакций позволил исключить большую часть сомнительных данных.

Надо заметить, что данные результаты получены при одинаковых параметрах частотных фильтров для экспертной и автоматической оценки. Применение более оптимизированных параметров фильтрации для автоматической оценки существенно повышает вероятность автоматического выделения субъективно значимого стимула, достигая 100% в



Таблица 2

**Пример реакций по автоматической и экспертной оценке по каналу КТР
в «тесте со скрываемым именем»**

№ участника	Автоматическая компьютерная оценка	p-значение по U-критерию от-личия выделенных реакций от остальных	Совпадение мак-симума реакции с личностно-значи-мым стимулом	Экспертная балльная оценка	Совпадение максимума экс-пертной балльной оценки с личност-но-значимым сти-мулом
1	2	3	4	5	6
1	0,81	0,0191	Да	8	Да
2	0,52	0,0309	Да	9	Да
3	0,95	0,0162	Да	10	Да
4	0,47	0,1172	Да	9	Да
5	0,47	0,0632	Нет	5	Не определено
6	0,98	0,0136	Да	8	Да
7	0,76	0,0114	Да	10	Да
8	1,13	0,0036	Да	10	Да
9	0,66	0,0264	Да	9	Да
10	0,68	0,0552	Да	8	Да
11	1,28	0,0013	Да	10	Да
12	0,90	0,0191	Да	6	Да
13	1,29	0,0005	Да	10	Да
14	0,85	0,0264	Да	8	Да
15	0,39	0,0819	Да	8	Да
16	1,34	0,0016	Да	10	Да
17	0,10	0,2173	Нет	6	Не определено
18	1,27	0,0016	Да	10	Да
19	0,82	0,0162	Да	10	Да
20	1,11	0,0114	Да	8	Да
21	0,85	0,0030	Да	9	Да
22	0,39	0,0225	Да	7	Да
23	1,54	0,0004	Да	10	Да
Процент совпадений			91%		91%

ТСИ и ТЗВ даже без исключения данных по уровню статистической значимости. Однако анализ таких параметров выходит за рамки данной работы.

Результаты анализа данных фМРТ

Использование в ходе фМРТ-МРТсП-экспериментов тестов ТСИ и ТЗВ (ориентированных, соответственно, на изучение лично и ситуационно значимых для участников эксперимента сведений) было направлено на обнаружение нейросетей, вовлеченных в обеспечение нейрокогнитивных процессов сокрытия информации, в которых, как предполагалось, динамика активации зон мозга могла носить разнонаправленный характер (см. ниже).



Таблица 3

Процент правильно определенных скрывааемых стимулов в «Тесте со скрывааемым именем» и «Тесте на знание виновного» для экспертной оценки, автоматической оценки и автоматической оценки с исключением статистически незначимых данных

Выбранные физиологические параметры и метод оценки	ТСИ	ТЗВ
Экспертная балльная оценка		
КГР	91%	100%
ФПГ	70%	52%
КГР-ФПГ	91%	91%
Автоматическая количественная оценка		
КГР	91%	91%
ФПГ	74%	57%
КГР-ФПГ	100%	83%
Автоматическая количественная оценка с исключением статистически незначимых данных по уровню $p < 0,05$ U-критерия		
КГР	100%	100%
ФПГ	96%	100%
КГР-ФПГ	100 %	100 %

Групповой анализ фМРТ-данных показал, что активность нейроструктур при проведении ТСИ устойчиво превышает активность этих же структур в ходе ТЗВ (при $p < 0,05$ с поправкой на ожидаемую долю ложных отклонений — FDR).

Вместе с тем, обнаруженная закономерность не носила тотального характера. В табл. 4 приведен ряд зон мозга (расклассифицированных по атласу CONN) с обратной зависимостью — число статистически значимых активированных вокселей в ТЗВ оказалось больше, чем в ТСИ — например, от 30% (правая угловая извилина) до 130 % (предклинье). При этом вовлечение конкретных зон могло быть как двухсторонним (правый и левый таламус), так и преимущественно односторонним (левая параингулярная извилина, правая угловая извилина). Причина такого перераспределения активности в отдельных зонах мозга требует дальнейшего изучения и объяснения.

В целях выявления нейросетей, вовлеченных в процесс сокрытия информации, на основе фМРТ-данных группы из 23 участников эксперимента был проведен анализ функциональной связности зон мозга при выполнении ТСИ и ТЗВ; результаты такого анализа показаны на рис. 3 А и Б.

В целях определения доминирующих межзонных связей был применен прием «конкретизации выборки» [7], в результате которого из 23 участников эксперимента была выбрана группа с выраженными КГР и реакциями ФПГ (на основе экспертной оценки по уровню 8 баллов из 10). Для этой группы (17 участников эксперимента) также был проведен анализ функциональной связности зон мозга: результаты представлены на рис. 3 В и Г.

На рис. 3 А и Б наглядно показано наличие множественных связей между зонами мозга, число которых в «Тесте на знание виновного» явно больше, чем в «Тесте со скрывааемым именем» (в отличие от BOLD-активности, как сказано выше), что может быть обусловлено, видимо, действием повышенной нагрузки на рабочую память в ТЗВ.

После выполнения «конкретизации выборки» (рис. 3 В и Г) сохраняется повышение количества связей в ТЗВ по сравнению с ТСИ и удастся выделить устойчивые доминирую-



Таблица 4

Активность зон мозга, показывающих обратную зависимость в «Тесте со скрываемым именем» и «Тесте на знание виновного» (атлас CONN; групповая оценка с применением приема «конкретизации выборки»)

Наименование зоны по атласу CONN	Общее количество вокселей в зоне	Количество активных вокселей в зоне		Возрастание активных вокселей в зоне в тесте ТЗВ по сравнению с ТСИ
		ТСИ	ТЗВ	
1	2	3	4	5
Angular gyrus_r (AG r)	1451	724	969	34%
Angular gyrus_l (AG l)	960	403	425	5 %
Paracingulate gyrus_r (PaCiG r)	1478	797	862	8 %
Paracingulate gyrus_l (PaCiG l)	1427	377	630	67 %
Precuneous	5571	803	1916	138 %
Thalamus r	1295	177	243	37 %
Thalamus l	1342	188	286	52 %

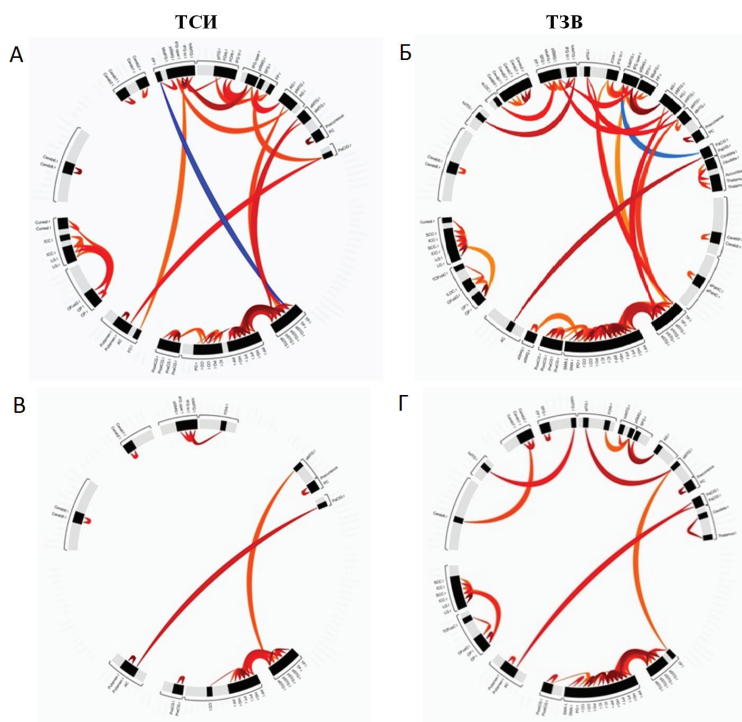


Рис. 3. Анализ функциональной связности зон мозга при выполнении: А – ТСИ и Б – ТЗВ на исходной группе (23 участника эксперимента); В и Г – те же тесты после применения приема «конкретизации выборки» с исключением участников со слабыми реакциями (группа – 17 участников эксперимента)



щие связи между зонами, вовлеченными в сокрытие информации в «Тесте со скрываемым именем» и в «Тесте на знания виновного». Несмотря на уменьшение выборки и закономерное уменьшение количества статистически значимых связей, выделяется небольшое число новых связей, которые могут трактоваться как характерные для высокореактивных участников.

После «конкретизации выборки» сохранилась тенденция к тому, что в тесте с более новой и сложной информацией (ТЗВ) наблюдается более высокое количество значимых функциональных связей зон мозга (рис. 3 Г), чем в тесте со старой, но менее сложной информацией (ТСИ) (рис. 3 В). Детальный анализ функциональных связей выходит за рамки данной работы.

Обсуждение результатов

Необходимо подчеркнуть, что изучению использования в технологии ИПП прикладных возможностей КГР постоянно уделяется большое внимание [27; 30; 34 и др.], в то время как прикладные возможности ФПГ вызывают значительно меньший интерес [25]. Существуют методы автоматизированной обработки физиологических данных, зарегистрированных в ходе тестов ИПП, однако заложенные в них алгоритмы являются коммерческой тайной фирм-производителей компьютерных полиграфов и не доступны для объективного их анализа. Не останавливаясь на используемых за рубежом алгоритмах оценки полиграмм (поскольку это выходит далеко за рамки данной статьи), отметим также, что в их основе лежат принципы балльной экспертной оценки полиграмм [26], которая ориентирована на обработку тестов, реализуемых преимущественно в парадигме дифференциации лжи и выходящих за рамки требований криминалистики.

В данной работе высокая корреляция экспертной и автоматической оценки (табл. 1) ожидаема, так как она обусловлена тем, что оценки основаны на одном и том же принципе — измерении амплитуды реакций тем или иным способом. Более интересно — с чем связаны остаточные различия оценок. Помимо очевидных разбросов, связанных с визуальным анализом сигналов, существует различие в алгоритме обработки: экспертные оценки ранжируются в диапазоне 0–2 в пределах каждого блока стимулов (аналог нормировки) [43], в то время как автоматические оценки нормируются по всем стимулам одновременно. Каждый из этих подходов имеет свои преимущества: в первом случае — устранение влияния резких выбросов на все данные; во втором случае — более точный количественный учет вклада каждой реакции в общую оценку. Нам представляется, что имеет смысл дальнейший анализ, направленный на сравнение эффективности этих двух подходов.

Преимущество экспертной оценки заключается также в том, что помимо собственно определения амплитуды реакций происходит визуальная проверка качества сигнала и обнаружение возможных артефактных явлений, связанных с глубокими вздохами испытуемого, механическими воздействиями на датчики и т. д. Очевидно, что это вносит в анализ элемент субъективности. Поэтому для объединения преимуществ двух методов в дальнейшем актуально разработать формальные критерии оценки качества сигнала для их интеграции в программные решения.

Изначальная идея использования полиграфа как средства регистрации разнородных психофизиологических показателей, объединяемых в единую оценку, на практике сталкивается с определенными трудностями. Простое суммирование оценок реакций по отдельным каналам (даже после нормировки или ранжирования) может приводить не к улучшению, а к ухудшению эффективности распознавания значимых стимулов. Например, в в табл. 3 суммарная эффективность (строки «КГР-ФПГ») оказывается иногда меньше,



чем эффективность отдельных показателей. Для решения этой проблемы в данной работе был применен подход, заключающийся в исключении из анализа тех данных, которые не преодолевают порог по статистической значимости отличий выделенных реакций от всех остальных. При этом во время обработки данных ситуационно значимый стимул был неизвестен и не влиял на обработку данных (лично значимый стимул был известен, но обработка все равно выполнялась симметрично относительно всех стимулов). Исключаться из анализа мог как один канал (КГР или ФПГ), так и все данные по испытуемому. В прикладном аспекте это означает, что в сомнительных случаях предпочтение отдается констатации неопределенности данных вместо ложноположительной оценки.

Переходя к анализу фМРТ-данных, необходимо отметить, что принципиальное значение для метода совместной регистрации вегетативных реакций и его прикладного применения в целях ИПП имеет совместная визуализация текущей динамики физиологических процессов КГР, ФПГ и дыхания исследуемого человека во время эксперимента, в том числе в условиях МРТ. Однако известны лишь немногие исследования, в ходе которых при использовании фМРТ в целях диагностики у человека скрываемой им информации осуществлялась регистрация отдельных физиологических процессов (чаще всего — КГР [30; 22]). Видимо, было проведено единственное исследование, в ходе которого предпринималась попытка сравнить при диагностике скрываемой информации результативность фМРТ и регистрируемых в ходе ИПП физиологических процессов (КГР, ФПГ и дыхания) [24].

Анализ зарубежных исследований показал, что, невзирая на значительное число экспериментальных работ по изучению КГР и несравнимо меньшего количества работ по изучению динамики ФПГ и дыхания в ходе нейрокогнитивных исследований, практически полезных результатов применительно к решению задач нейрокриминалистики обнаружено не было. Именно это обусловило необходимость формирования комплексного подхода к проведению исследований с применением строгого психофизиологического контроля реагирования участников экспериментов на предъявляемую им стимульную информацию.

В ходе выполнения данной работы анализ фМРТ-данных показал, что с лично значимыми стимулами (представленными в ТСИ) связана большая активность областей мозга, чем с ситуационно значимыми стимулами (представленными в ТЗВ) (при $p < 0,05$ с поправкой на ожидаемую долю ложных отклонений — FDR). Данная закономерность согласуется с представлениями системно-эволюционного подхода о том, что активность тех или иных структур мозга определяются специфичной для каждого субъекта индивидуальной историей взаимодействий с физической и социальной средой, особенностями его индивидуального (и «помеченного» именем участника эксперимента) опыта, накопленного в течение *всей жизни* индивида [см.: 16; 15; 2]). Сходные в этом аспекте представления применительно к интерпретации фМРТ-сигналов см. в работах Shulman, R. G. и соавторов [39; 40].

В то же время выявляются области с противоположной зависимостью, а также латерализацией активности: таламус, предклинье, левая парацингулярная извилина, правая угловая извилина. Усиление активности в этих областях мозга требует дальнейшего изучения, однако при этом обращает на себя внимание тот факт, что указанные области связаны со зрительным восприятием, припоминанием и ассоциированием зрительной информации и социального контекста, что в целом характеризует специфику стимульного материала ТЗВ — визитные карточки. Можно полагать, что усвоенная ситуационная информация также оказывается частью (новой) индивидуального опыта участника эксперимента. Возможно, в этих структурах в большей степени выражена активность нейронов,



специализировавшихся в отношении вновь сформированных элементов опыта, связанных с использованием ситуационной информации для отчета в условиях эксперимента.

В работе был проведен анализ функциональной связности областей мозга на основе фМРТ-данных. Оказалось, что функциональная связность, напротив, более выражена при обработке ситуационно значимых стимулов, которые представляют собой более новую и сложную информацию. Эти данные могут быть сопоставлены с результатами исследований, которые показывают, что мозговое обеспечение «одного и того же» поведения на разных этапах (более ранних и более поздних) формирования и поддержания памяти различно [см.: 3], а также, что активность мозга и тела различается при извлечении из памяти опыта разного «возраста» и сложности [см.: 1; 17].

После «конкретизации выборки» фМРТ-данных (отборе группы испытуемых с наиболее выраженными КГР и реакциями ФПГ на основе экспертной оценки по уровню 8 баллов из 10) произошло уменьшение количества статистически значимых связей, что может быть объяснено уменьшением объема выборки. Однако, несмотря на уменьшение выборки, сохраняется соотношение количества связей в ТСИ и ТЗВ, а также выделяется небольшое число новых связей, которые могут трактоваться как характерные для высокореактивных участников.

Таким образом, исследование подтвердило перспективность учета психофизиологических особенностей участников эксперимента в процессе фМРТ и большую помощь в этом оказывает применение МРТсП, который обеспечивает возможность контроля динамики психофизиологических проявлений и активность участников эксперимента. Объединение возможностей фМРТ и метода совместной регистрации вегетативных реакций с помощью МРТсП открывает большие возможности для экспериментальной практики и, в частности, для познания нейрокогнитивных механизмов, лежащих в основе выявления у человека скрываемой им информации в ходе ИПП или нейрокриминалистического фМРТ-исследования.

Выводы

1. В работе проведено сопоставление прикладных возможностей экспертной балльной оценки сигналов МРТсП и созданной системы автоматической количественной оценки реакций. Показана высокая корреляция между экспертными и автоматическими оценками, как по отдельным параметрам КГР и ФПГ, так и по обобщенному показателю. Введение численного критерия оценки качества данных позволило повысить процент совпадений между выделенными реакциями и априорно заданными личностно и ситуационно значимыми стимулами. Было обнаружено, что простое суммирование автоматических оценок по каналам КГР и ФПГ не всегда приводит к улучшению результата, однако если предварительно учесть статистическую значимость реакций в каждом канале, то обобщенный показатель выделенных может возрастать и даже превышать экспертную оценку.

2. Анализ фМРТ-данных показал, что с личностно значимыми стимулами (представленными в ТСИ) предсказуемо связана в целом большая активность областей мозга, чем с ситуационно значимыми стимулами (представленными в ТЗВ). В то же время выявляются области также и с противоположной зависимостью и латерализацией активности (таламус, предклинье, левая парацингулярная извилина, правая угловая извилина).

3. Функциональная связность по фМРТ-данным более выражена при обработке ситуационно значимых стимулов, которые представляют собой более новую и сложную информацию. После «конкретизации выборки» фМРТ-данных (отборе группы испытуемых с наиболее выраженными КГР и реакциями ФПГ на основе экспертной оценки по уровню



8 баллов из 10), несмотря на уменьшение объема выборки и закономерное уменьшение количества статистически значимых связей, сохраняется их соотношение, а также выделяется небольшое число новых связей, которые могут трактоваться как характерные для высоко-реактивных участников.

Полученные к настоящему времени в НИЦ «Курчатовский институт» результаты экспериментальных фМРТ-МРТсП-исследований выходят за рамки сугубо юридического направления, представляют интерес для других отраслей знаний (например, медицины [4; 48]), заслуживают своего представления в научной периодике, требуют дальнейшего обсуждения, теоретического осмысления в связи со значимостью их как для прикладных исследований и практики, так и для разработок в области фундаментальной науки.

Литература

1. Александров Ю.И., М.Самс, Ю.Лавикайнен, К.Рейникайнен, Наатанен Р. Зависимость свойств связанных с событиями потенциалов от возраста элементов субъективного опыта, актуализируемых при категоризации слов родного и иностранного языков // Психологический журнал. 1997. Том 18. № 1. С. 133–145.
2. Александров Ю.И. Опасность междисциплинарных исследований и ее преодоление // Психологическое знание: виды, источники, пути построения / Отв. ред. А.Л. Журавлев, А.В. Юревич. М.: Изд-во «Институт психологии РАН», 2021. С. 159–198. DOI: 10.38098/thry_21_0434
3. Александров Ю.И. Психофизиологические закономерности научения и методы обучения // Психологический журнал. 2012. Том 33. № 6. С. 5–19
4. Захарова Н.В., Ковальчук М.В., Костюк Г.П., Бравве Л.В., Кайдан М.А., Карташов С.И., Малахов Д.Г., Холодный Ю.И. Возможности прикладного использования полиграфа для изучения негативной симптоматики больных параноидной шизофренией // Психическое здоровье. 2019. № 12. С. 50–60.
5. Киреев М.В. Системная организация работы мозга при обеспечении целенаправленного поведения: дисс. СПб.: Санкт-Петербургский государственный университет, 2017. 304 с.
6. Ковальчук М.В., Норайкин О.С., Яцишина Е.Б. Конвергенция наук и технологий – новый этап научно-технического развития // Вопросы философии. 2013. № 3. С. 15.
7. Ковальчук М.В., Ю.И. Холодный, С.И. Карташов, Д.Г. Малахов, В.А. Орлов. Комплексное применение фМРТ и МРТ-совместимого полиграфа: новые возможности при проведении исследований человека // Вестник Военного инновационного технополиса «ЭРА». 2020. Том 1. № 1. С. 112–116.
8. Кремнева Е.И., Коновалов Р.Н., Кротенкова М.В. Функциональная магнитно-резонансная томография // Анналы клинической и экспериментальной неврологии. 2011. Том 5. № 1. С. 30–34.
9. Леонтьев К.А., Панин С.Д. Оценка полиграмм, полученных в ходе криминалистического исследования с применением полиграфа // Юридическая психология. 2014. № 2. С. 33–37.
10. Лурия А.Р. Сопряженная моторная методика и ее применение в исследовании аффективных реакций // Психологическое наследие. М.: Смысл, 2003. 52 с.
11. Холодный Ю.И. Некоторые малоизвестные страницы истории становления применения полиграфа в России // Вестник Академии Следственного комитета РФ. 2015. № 4. С. 174–183.
12. Холодный Ю.И., Савельев Ю.И. Проблема использования испытаний на полиграфе: приглашение к дискуссии // Психологический журнал. 1996. Том 17. № 3. С. 53–69.
13. Холодный Ю.И. Применение полиграфа при профилактике, раскрытии и расследовании преступлений: монография. М.: Мир безопасности, 2000. 157 с.
14. Холодный Ю.И. Некоторые теоретические аспекты технологии исследований с применением полиграфа (статья вторая) // Расследование преступлений: проблемы и пути их решений. 2021. № 2. С. 147–152.
15. Швырков В. Б. Введение в объективную психологию. Нейрональные основы психики // В.Б. Швырков. Избранные труды / Под ред. Ю.И. Александрова. М.: Изд-во «Институт психологии РАН», 2006.
16. Alexandrov Yu.I., Grechenko T.N., Gavrilo V.V., Gorkin A.G., Shevchenko D.G., Grinchenko Yu.V., Aleksandrov I.O., Maksimova N.E, Bezdenzhnych B.N., Bodunov M.V. Formation and realization of individual



- experience: a psychophysiological approach // Conceptual advances in brain research. Vol. 2: Conceptual advances in Russian neuroscience: Complex brain functions / R. Miller, A.M. Ivanitsky, P.V. Balaban (Eds.). Harwood Academic Publishers, Amsterdam, 2000. P. 181–200.
17. *Bakhchina A.V., Arutyunova K.R., Sozinov A.A., Demidovsky A.V., Alexandrov Y.I.* Sample entropy of the heart rate reflects properties of the system organization of behavior // *Entropy*. 2018. Vol. 20(6). P. 1–22.
 18. *Bell B.G., Grubin D.* Functional Magnetic Resonance Imaging may promote theoretical understanding of the Polygraph Test // *The Journal of Forensic Psychiatry & Psychology*. 2010. Vol. 21. № 1. P. 52–65.
 19. *Davatzikos, C. et al.* Classifying spatial patterns of brain activity with machine learning methods: application to lie detection // *Neuroimage*. 2005. № 28. P. 663–668.
 20. *Farah M.J., Hutchinson J.B., Phelps E.A., Wagner A.D.* Functional MRI-based lie detection: Scientific and societal challenges // *Nature Reviews. Neuroscience*. 2014. Vol. 15. № 2. P. 123–131.
 21. *Finn E.S., Shen X. et al.* Functional connectome fingerprinting: identifying individuals using patterns of brain connectivity // *Nature Neuroscience*. 2015. Vol. 18 № 11. P. 1664–1671.
 22. *Gamer M. et al.* Covariations among fMRI, skin conductance, and behavioral data during processing of concealed information // *Human Brain Mapping*. 2007. Vol. 28. № 12. P. 1287–1301. DOI: 10.1002/hbm.20343
 23. *Ganis G., Kosslyn S.M. et al.* Neural correlates of different types of deception: An fMRI investigation // *Cerebral Cortex*. 2003. Vol. 13. № 8. P. 830.
 24. *Gordon N.J., Mohamed F.B. et al.* The effectiveness of fMRI data when combined with polygraph data // *European polygraph*. 2018. Vol. 12, № 1. P. 19–25.
 25. *Handler M, Krapohl D.J.* The Use and Benefits of the Photoelectric Plethysmograph in Polygraph Testing // *Polygraph*. 2007. Vol. 36. № 1. P. 18–25.
 26. *Handler M., Nelson R.* Automated Analysis of the Marin Dataset with the ESS-M // *Polygraph & Forensic Credibility Assessment: A Journal of Science and Field Practice*. 2019. Vol. 48. № 2. P. 113–123.
 27. *Kalafati A., Krapohl D.J.* The Difference Between the Manual and Automatic Settings for the Electrodermal Channel and a Potential Effect on Manual Scoring // *Polygraph & Forensic Credibility Assessment: A Journal of Science and Field Practice*. 2018. Vol. 47. № 1. P. 37–44.
 28. *Kholodny Y.I., Kartashov S.I., Malakhov D.G., Orlov V.A.* Improvement of the Technology of fMRI Experiments in the Concealed Information Paradigm // *Advances in Intelligent Systems and Computing*. 2020. P. 591–597.
 29. *Kovalchuk M.V., Kholodny Y.I.* Functional magnetic resonance imaging augmented with polygraph: new capabilities // *Advances in Intelligent Systems and Computing (eBook)*. 2019. P. 260–265.
 30. *Krapohl D.J.* Electrodermal Responses: When is Bigger Really Better? // *Polygraph & Forensic Credibility Assessment: A Journal of Science and Field Practice*. 2020. Vol. 49. № 2. P. 104–109.
 31. *Langleben D.D., Schroeder L. et al.* Brain activity during simulated deception: An event related functional magnetic resonance study // *NeuroImage*. 2002. Vol. 15. P. 727–732.
 32. *Langleben D.D. et al.* Telling truth from lie in individual subjects with fast event-related fMRI // *Human Brain Mapping*. 2005. Vol. 26. P. 262–272.
 33. *Lee T.M., Liu H., Tan L., Chan C.C. et al.* Lie Detection by Functional Magnetic Resonance Imaging // *Human Brain Mapping*, 2002. Vol. 15. P. 157–164.
 34. *Nelson R.* Bigger is Better for Automated Scoring: Analysis of Minimum Constraints for RQ/CQ Ratios // *Polygraph & Forensic Credibility Assessment: A Journal of Science and Field Practice*. 2020. Vol. 49. № 2. P. 110–120.
 35. *Ofen N, Whitfield-Gabrieli S. et al.* Neural correlates of deception: Lying about past events and personal beliefs // *Social Cognitive & Affective Neuroscience*. 2017. Vol. 12. № 1. P. 116–127.
 36. *Peth, J., Sommer, T. et al.* Memory detection using fMRI e does the encoding context matter? // *Neuroimage*. 2015. № 113. P. 164–174.
 37. *Rosenfeld J.P.* Detecting concealed information and deception // Academic Press, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/C2016-0-03911-6>.
 38. Scientific validity of polygraph testing: a research review and evaluation – a technical memorandum // *Polygraph*. 1983. Vol. 12. № 3. P. 305.
 39. *Shulman, R.G., Rothman, D.L.* A Non-cognitive Behavioral Model for Interpreting Functional Neuroimaging Studies // *Frontiers in Human Neuroscience*. 2019. Vol. 13. DOI: <https://doi.org/10.3389/fnhum.2019.00028>.



40. Shulman, R. G., Hyder, F., Rothman, D. L. Insights from neuroenergetics into the interpretation of functional neuroimaging: an alternative empirical model for studying the brain's support of behavior // *Journal of Cerebral Blood Flow & Metabolism*. 2014. Vol. 34(11). P. 1721–1735.
41. Spence S.A. et al. Behavioral and functional anatomical correlates of deception in humans // *Neuroreport*. 2001. Vol. 12. № 13. P. 2849–2853.
42. Spranger T.M. *Neurosciences and the Law: An Introduction* // *International Neurolaw. A Comparative Analysis* – Springer-Verlag, Berlin-Heidelberg, 2012.
43. The accuracy and utility of polygraph testing (Department of Defense, DC) // *Polygraph*. 1984. Vol. 13. P. 54.
44. *The polygraph and lie detection*. Washington: The National Academy Press, 2003. P. 314.
45. Vendemia J.M.C. fMRI as a method of detection of deception: a review of experiences // *European polygraph*. 2014. Vol. 8. № 1. P. 5–21.
46. Wagner A.D. Can neuroscience identify lies? / In: Gazzaniga, M.S., Rakoff, J.S. (eds) *A Judge's Guide to Neuroscience: A Concise Introduction*. // Santa Barbara: University of California, 2010. P. 13–25.
47. Ward T., Wilshire C., Jackson L. The Contribution of Neuroscience to Forensic Explanation [Электронный ресурс] // *Psychology, Crime & Law*. 2018. Vol. 24. № 3. P. 19–209. <https://doi.org/10.1080/1068316X.2018.1427746> (дата обращения: 10.02.2021).
48. Zakharova N.V. et al. Induced Delusional Disorder (Folie Deux). / In: Velichkovsky B.M., Balaban P.M., Ushakov V.L. (eds) *Advances in Cognitive Research, Artificial Intelligence and Neuroinformatics*. *Intercognsci* 2020. // *Advances in Intelligent Systems and Computing*, 2020. Vol. 1358. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-030-71637-0_66
49. Ashburner J. et al. *SPM12 Manual* // London: UCL Queen Square Institute of Neurology, 2020. URL: <https://www.fil.ion.ucl.ac.uk/spm/doc/manual.pdf> (Accessed 9.07.2021).

References

1. Aleksandrov Yu.I., M.Sams, Yu.Lavikainen, K.Reinikainen, Naatanen R. Zavisimost' svoystv svyazannykh s sobytiyami potentsialov ot vozrasta elementov sub"ektivnogo opyta, aktualiziruemykh pri kategorizatsii slov rodnogo i inostrannogo yazykov. [Dependence of the properties of event-related potentials on the age of the elements of subjective experience, actualized when categorizing the words of the native and foreign languages]. *Psikhologicheskii zhurnal = Psychological journal*. 1997. V.18. N1. P. 133–145
2. Aleksandrov Yu.I. Opasnost' mezhdistsiplinarnykh issledovaniy i ee preodolenie [The danger of interdisciplinary research and its overcoming]. *Psikhologicheskoe znanie: vidy, istochniki, puti postroeniya = Psychological knowledge: types, sources, ways of building*. Ed. A. L. Zhuravlev, A.V. Yurevich. Moscow, 'Institute of Psychology RAS', 2021, p. 159–198. DOI: 10.38098/thry_21_0434.
3. Aleksandrov Yu.I. Psikhofiziologicheskie zakonomernosti naucheniya i metody obucheniya [Psychophysiological laws of learning and teaching methods]. *Psikhologicheskii zhurnal = Psychological journal*, 2012. V. 33, № 6, pp. 5-19
4. Zakharova N.V., Koval'chuk M.V., Kostyuk G.P., Bravve L.V., Kaidan M.A., Kartashov S.I., Malakhov D.G., Kholodnyi Yu.I. Vozmozhnosti prikladnogo ispol'zovaniya poligrafa dlya izucheniya negativnoi simptomatiki bol'nykh paranoidnoi shizofreniei [Possibilities of the applied use of the polygraph to study the negative symptoms of patients with paranoid schizophrenia]. *Psikhicheskoe zdorov'e = Mental health*. 2019. № 12. pp. 50–60.
5. Kireev M.V. Sistemnaya organizatsiya raboty mozga pri obespechenii tselenapravlennoogo povedeniya. Dissertatsiya [Systemic organization of the brain while providing purposeful behavior. Thesis] – *St.-Petersburg, Saint Petersburg State University*, 2017. 304 p.
6. Koval'chuk M.V., Noraikin O.S., Yatsishina E.B. Konvergentsiya nauk i tekhnologii – novyi etap nauchno-tekhnicheskogo razvitiya [Convergence of Science and Technology – a New Stage of Scientific and Technological Development]. *Voprosy filosofii = Philosophy questions*. 2013. № 3. p. 15.
7. Koval'chuk M.V., Yu.I. Kholodnyi, S.I. Kartashov, D.G. Malakhov, V.A. Orlov. Kompleksnoe primeneniye fMRT i MRT-sovmestimogo poligrafa: novye vozmozhnosti pri provedenii issledovaniy cheloveka [Complex application of fMRI and MRI-compatible polygraph: new opportunities in human research]. *Vestnik Voennogo innovatsionnogo tekhnopolisa «ERA» = Bulletin of the Military Innovative Technopolis «ERA»*. 2020. V. 1. № 1. pp. 112–116.



8. Kremneva E.I., Kononov R.N., Krotchenkova M.V. Funktsional'naya magnitno-rezonansnaya tomografiya [Functional magnetic resonance imaging] *Annaly klinicheskoi i eksperimental'noi neurologii=Annals of Clinical and Experimental Neurology*. 2011. V. 5, № 1, pp. 30–34.
9. Leont'ev K.A., Panin S.D. Otsenka poligramm, poluchennykh v khode kriminalisticheskogo issledovaniya s primeneniem poligrafa [Evaluation of polygrams obtained in the course of forensic research using a polygraph]. *Yuridicheskaya psikhologiya= Legal psychology*. 2014. № 2. pp. 33–37.
10. Luriya A.R. Sopryazhennaya motornaya metodika i ee primeneniye v issledovanii affektivnykh reaktzii [Conjugated motor technique and its application in the study of affective reactions]. *Psikhologicheskoe nasledie= Psychological legacy*. Moscow.: Smysl, 2003. p. 52.
11. Kholodnyi Yu.I. Nekotorye maloizvestnye stranitsy istorii stanovleniya primeneniya poligrafa v Rossii [Some little-known pages in the history of the formation of the use of the polygraph in Russia]. *Vestnik Akademii Sledstvennogo komiteta RF= Bulletin of the Academy of the Investigative Committee of the Russian Federation*. 2015. № 4. pp. 174–183.
12. Kholodnyi Yu.I., Savel'ev Yu.I. Problema ispol'zovaniya ispytaniy na poligrafe: priglaseniye k diskussii [The problem of using polygraph tests: an invitation to discussion]. *Psikhologicheskii zhurnal= Psychological journal*. 1996. V. 17. № 3. pp. 53–69.
13. Kholodnyi Yu.I. Primeneniye poligrafa pri profilaktike, raskrytii i rassledovanii prestuplenii [The use of a polygraph in the prevention, detection and investigation of crimes]. *Moscow. World of security*, 2000. 157 p.
14. Kholodnyi Yu.I. Nekotorye teoreticheskie aspekty tekhnologii issledovaniya s primeneniem poligrafa (stat'ya vtoraya) [Some theoretical aspects of research technology using a polygraph (second article)] *Rassledovanie prestuplenii: problemy i puti ikh reshenii= Crime investigation: problems and solutions*. 2021. № 2. pp. 147–152.
15. Shvyrvkov V.B. Vvedeniye v ob'ektivnyuyu psikhologiyu. Neironal'nye osnovy psikhiki [Introduction to objective psychology. Neuronal fundamentals of the psyche]. V. B. *Shvyrvkov. Selected Works* Ed. Yu.I. Alexandrov. Moscow. Institute of Psychology RAS, 2006.
16. Alexandrov Yu.I., Grechenko T.N., Gavrilov V.V., Gorkin A.G., Shevchenko D.G., Grinchenko Yu.V., Aleksandrov I.O., Maksimova N.E, Bezdenezhnykh B.N., Bodunov M.V. Formation and realization of individual experience: a psychophysiological approach. *Conceptual advances in brain research*, R. Miller, A.M. Ivanitsky & P.V.Balaban (Eds.), Vol. 2, *Conceptual advances in Russian neuroscience: Complex brain functions*. Harwood Academic Publishers, Amsterdam, 2000, P. 181–200.
17. Bakhchina A.V., Arutyunova K. R., Sozinov A. A., Demidovsky A.V., Alexandrov Y.I. Sample entropy of the heart rate reflects properties of the system organization of behavior. *Entropy*. 2018, V. 20(6). pp. 1–22.
18. Bell B.G., Grubin D. Functional Magnetic Resonance Imaging may promote theoretical understanding of the Polygraph Test. *The Journal of Forensic Psychiatry & Psychology*. 2010. v. 21, № 1, pp. 52–65.
19. Davatzikos, C. et al. Classifying spatial patterns of brain activity with machine learning methods: application to lie detection. *Neuroimage*. 2005. № 28. P. 663–668.
20. Farah M.J., Hutchinson J.B, Phelps E.A., Wagner A.D. Functional MRI-based lie detection: Scientific and societal challenges. *Nature Reviews. Neuroscience*. 2014. v 15. № 2. P. 123–131.
21. Finn E.S., Shen X. et al. Functional connectome fingerprinting: identifying individuals using patterns of brain connectivity. *Nature Neuroscience*. 2015. v. 18, № 11, P. 1664–1671.
22. Gamer M. et al. Covariations among fMRI, skin conductance, and behavioral data during processing of concealed information // *Human Brain Mapping*. 2007. V. 28, N. 12. P. 1287–1301. (DOI: 10.1002/hbm.20343).
23. Ganis G., Kosslyn S.M. et al. Neural correlates of different types of deception: An fMRI investigation. *Cerebral Cortex*. 2003. V. 13. № 8, P. 830.
24. Gordon N.J., Mohamed F.B. et al. The effectiveness of fMRI data when combined with polygraph data. *European polygraph*. 2018. v. 12, № 1. P. 19–25.
25. Handler M, Krapohl D.J. The Use and Benefits of the Photoelectric Plethysmograph in Polygraph Testing // *Polygraph*. 2007. V. 36. N 1. P. 18–25.
26. Handler M., Nelson R. Automated Analysis of the Marin Dataset with the ESS-M // *Polygraph & Forensic Credibility Assessment: A Journal of Science and Field Practice*. 2019. V. 48. N 2. P. 113–123.



27. Kalafati A., Krapohl D.J. The Difference Between the Manual and Automatic Settings for the Electrodermal Channel and a Potential Effect on Manual Scoring // *Polygraph & Forensic Credibility Assessment: A Journal of Science and Field Practice*. 2018. V. 47. N 1. P. 37–44.
28. Kholodny Y.I., Kartashov S.I., Malakhov D.G., Orlov V.A. Improvement of the Technology of fMRI Experiments in the Concealed Information Paradigm. *Advances in Intelligent Systems and Computing*. 2020. P. 591–597.
29. Kovalchuk M.V., Kholodny Y.I. Functional magnetic resonance imaging augmented with polygraph: new capabilities. *Advances in Intelligent Systems and Computing (eBook)*, 2019. P. 260–265.
30. Krapohl D.J. Electrodermal Responses: When is Bigger Really Better? // *Polygraph & Forensic Credibility Assessment: A Journal of Science and Field Practice*. 2020. V. 49. N 2. P. 104–109.
31. Langleben D.D., Schroeder L. et al. Brain activity during simulated deception: An event related functional magnetic resonance study. *NeuroImage*, 2002. v. 15, P. P. 727–732.
32. Langleben D.D. et al. Telling truth from lie in individual subjects with fast event-related fMRI. *Human Brain Mapping*. 2005. v. 26. P. 262–272.
33. Lee T.M., Liu H., Tan L., Chan C.C., et al. Lie Detection by Functional Magnetic Resonance Imaging. *Human Brain Mapping*. 2002. v. 15, P. 157–164.
34. Nelson R. Bigger is Better for Automated Scoring: Analysis of Minimum Constraints for RQ/CQ Ratios // *Polygraph & Forensic Credibility Assessment: A Journal of Science and Field Practice*. 2020. V. 49. N 2. P. 110–120.
35. Ofen N., Whitfield-Gabrieli S. et al. Neural correlates of deception: Lying about past events and personal beliefs. *Social Cognitive & Affective Neuroscience*. 2017. v. 12. № 1. P. 116–127.
36. Peth, J., Sommer, T. et al. Memory detection using fMRI e does the encoding context matter? *Neuroimage*. 2015. № 113, P. 164–174.
37. Rosenfeld J.P. Detecting concealed information and deception. *Academic Press*, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/C2016-0-03911-6>.
38. Scientific validity of polygraph testing: a research review and evaluation – a technical memorandum. *Polygraph*. 1983. v. 12. № 3. P. 305.
39. Shulman, R.G., Rothman, D.L. A Non-cognitive Behavioral Model for Interpreting Functional Neuroimaging Studies. *Frontiers in Human Neuroscience*. 2019. Vol. 13. DOI: <https://doi.org/10.3389/fnhum.2019.00028>.
40. Shulman, R. G., Hyder, F., Rothman, D. L. Insights from neuroenergetics into the interpretation of functional neuroimaging: an alternative empirical model for studying the brain's support of behavior. *Journal of Cerebral Blood Flow & Metabolism*. 2014. 34(11), 1721–1735.
41. Spence S.A. et al. Behavioral and functional anatomical correlates of deception in humans. *Neuroreport*. 2001. v. 12 № 13, P. 2849–2853.
42. Spranger T.M. Neurosciences and the Law: An Introduction. *International Neurolaw. A Comparative Analysis – Springer-Verlag*. Berlin-Heidelberg. 2012.
43. The accuracy and utility of polygraph testing (Department of Defense, DC). *Polygraph*. 1984. V. 13. P. 54.
44. The polygraph and lie detection. – Washington: The National Academy Press. 2003. P. 314.
45. Vendemia J.M.C. fMRI as a method of detection of deception: a review of experiences. *European polygraph*. 2014. v. 8, № 1. P. 5–21.
46. Wagner A.D. Can neuroscience identify lies? In: Gazzaniga, M.S., Rakoff, J.S. (eds) A Judge's Guide to Neuroscience: A Concise Introduction. *Santa Barbara: University of California*, 2010. P. 13–25.
47. Ward T., Wilshire C., Jackson L. The Contribution of Neuroscience to Forensic Explanation. *Psychology, Crime & Law*. 2018. V. 24. № 3. P. 195–209. <https://DOI.org/10.1080/1068316X.2018.1427746> (access date: Feb.10, 2021).
48. Zakharova N.V. et al. Induced Delusional Disorder (Folie Deux). In: Velichkovsky B.M., Balaban P.M., Ushakov V.L. (eds) *Advances in Cognitive Research, Artificial Intelligence and Neuroinformatics. Intercognsci 2020. / Advances in Intelligent Systems and Computing*, 2020. Vol. 1358. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-030-71637-0_66.
49. Ashburner J. et al. SPM12 Manual. *London: UCL Queen Square Institute of Neurology*, 2020. URL: <https://www.fil.ion.ucl.ac.uk/spm/doc/manual.pdf> (Accessed 9.07.2021).



Информация об авторах

Холодный Юрий Иванович, доктор юридических наук, кандидат психологических наук, старший научный сотрудник, зав. лабораторией экспериментальной и прикладной психофизиологии, Национальный исследовательский центр «Курчатовский институт» (ФГБУ НИЦ «Курчатовский институт»), г. Москва, Российская Федерация, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5201-519X>, e-mail: kholodny@yandex.ru

Малахов Денис Геннадьевич, научный сотрудник, Национальный исследовательский центр «Курчатовский институт» (ФГБУ НИЦ «Курчатовский институт»), г. Москва, Российская Федерация, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7073-374X>, e-mail: malakhov_dg@nrcki.ru

Орлов Вячеслав Андреевич, научный сотрудник, Национальный исследовательский центр «Курчатовский институт» (ФГБУ НИЦ «Курчатовский институт»), г. Москва, Российская Федерация, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4840-4499>, e-mail: ptica89@bk.ru

Карташов Сергей Иванович, и.о. заместителя зав. лабораторией экспериментальной и прикладной психофизиологии, Национальный исследовательский центр «Курчатовский институт» (ФГБУ НИЦ «Курчатовский институт»), г. Москва, Российская Федерация, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0181-3391>, e-mail: kartashov_si@nrcki.ru

Александров Юрий Иосифович, член-корреспондент РАО, профессор, зав. лабораторией психофизиологии, Институт психологии Российской академии наук (ФГБУН ИП РАН); заведующий кафедрой психофизиологии Государственного академического университета гуманитарных наук, Московский государственный психолого-педагогический университет (ФГБОУ ВО МГППУ), г. Москва, Российская Федерация, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2644-3016>, e-mail: yuraalexandrov@yandex.ru

Ковальчук Михаил Валентинович, профессор, член-корреспондент РАН, президент, Национальный исследовательский центр «Курчатовский институт» (ФГБУ НИЦ «Курчатовский институт»), г. Москва, Российская Федерация, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8255-7993>, e-mail: koval@nrcki.ru

Information about the authors

Yuri I. Kholodny, LL. D, PhD in Psychology, Senior Research Associate, Manager of Laboratory of Experimental and Applied Psychophysiology, National Research Center “Kurchatov Institute”, Moscow, Russia, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5201-519X>, e-mail: kholodny@yandex.ru

Denis G. Malakhov, Research Associate, National Research Center “Kurchatov Institute”, Moscow, Russia, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7073-374X>, e-mail: malakhov_dg@nrcki.ru

Vyacheslav A. Orlov, Research Associate, National Research Center “Kurchatov Institute”, Moscow, Russia, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4840-4499>, e-mail: ptica89@bk.ru

Sergey I. Kartashov, Acting Deputy Manager of Laboratory of Experimental and Applied Psychophysiology, National Research Center “Kurchatov Institute”, Moscow, Russia, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0181-3391>, e-mail: kartashov_si@nrcki.ru

Yuriy I. Alexandrov, Professor, Corresponding Member of Russian Academy of Education, Manager of Laboratory of Psychophysiology, Institute of Psychology, Russian Academy of Sciences; Chair of Psychophysiology Department of State University of Humanitarian Sciences, Moscow State University of Psychology & Education, Moscow, Russia, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2644-3016>, e-mail: yuraalexandrov@yandex.ru

Mikhail V. Kovalchuk, Professor, Corresponding Member of Russian Academy of Sciences in Physics, President, National Research Center “Kurchatov Institute”, Moscow, Russia, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8255-7993>, e-mail: koval@nrcki.ru

Получена 19.07.2021

Received 19.07.2021

Принята в печать 01.09.2021

Accepted 01.09.2021